

DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2023-81-8>
УДК 65.01:007

Красностанова Н.Е.

кандидат економічних наук, доцент,
Національний університет «Одеська політехніка»

Медловська Н.В.

аспірантка,
Національний університет «Одеська політехніка»

Krasnostanova Nataliia, Medlovska Nataliia

«Odesa Polytechnic» National University

СТІЙКИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗАЦІЙ ТА ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONS AND DIGITAL TWINS

У роботі зазначено, що під стійким розвитком зазвичай розуміють баланс між економічним, екологічним та соціальним розвитком, економічне зростання без шкоди довкіллю, задоволення споживачів продукцією та створення відповідних умов праці працівникам в організації, що сприяє вирішенню соціальних проблем. Дослідження змісту «стійкого розвитку» обґрунтувало визначення ролі технології цифрових двійників у розрізі забезпечення стійкого розвитку організації з урахуванням змін підприємницького середовища. Досліджено стадії життєвого циклу продукту (виробу) при використанні цифрових двійників (проектування, виробництво, експлуатація та утилізація), переваги їхнього використання (оперативна оцінка ризиків та часу виробництва, інтелектуальне обслуговування, віддалений моніторинг бізнес-процесу у режимі реального часу, поліпшення взаємодії працівників у середині організації, удосконалення процесу прийняття та ухвалення фінансових рішень), види (цифрові двійники-прототипи, цифрові двійники-примірники, агреговані двійники) та проблеми.

Ключові слова: організація, продукція, проектування, стійкий розвиток, технології цифрових двійників.

The work states that sustainable development usually means a balance between economic, ecological and social development, economic growth without harming the environment, consumer satisfaction with products and the creation of appropriate working conditions for employees in the organization, which contributes to solving social problems. The study of the content of "sustainable development" substantiated the definition of the role of the technology of digital doubles in terms of ensuring the sustainable development of the organization, taking into account the changes in the business environment. It is stated in the paper that the technologies of digital doubles allow to model the product (product) as a whole, in different conditions and contexts and according to its life cycle. As a result, the stages of the life cycle of the product (product) when using digital doubles (design, production, operation and disposal) were investigated. The study of the technology of digital doubles in organizations made it possible to determine and systematize the advantages of their use (operational assessment of risks and production time, intelligent service, remote monitoring of the business process in real time, improvement of the interaction of employees in the middle of the organization, improvement of the process of making and adopting financial decisions) and types (digital duplicates-prototypes, digital duplicates-copies, aggregated duplicates). The use of the technology of digital doubles in the organization contributes to the emergence of problems that research and work. In the work of the authors, it is determined that a digital double is a digital technology that allows modeling a product, service, product or system and makes it possible to create, produce, decommission this system and represents a physical object for the purpose of understanding the state of the asset, responding to changes, optimization of business processes and value formation. At the same time, the properties of the technology of digital doubles that meet the criteria of sustainable development of the organization have been determined.

Key words: organization, production, design, sustainable development, technologies of digital doubles.

Постановка проблеми. Концепція стійкого розвитку виникла при формуванні проблем екології, розвитку суспільства та науки, обмеженості природних ресурсів. Стійкий розвиток передбачає, що задоволення потреб сучасного суспільства та поточна діяльність людини не повинна завдавати шкоди наступним поколінням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах, під стійким розвитком зазвичай розуміють баланс між економічним, екологічним та соціальним розвитком, економічне зростання без шкоди довкіллю, задоволення споживачів продукцією та створення відповідних умов праці, що сприяє вирішенню соціальних проблем. Як наслідок, визна-

чення значимості «стійкого розвитку» змінювалось під зазначеними факторами. Так, за визначенням Всесвітньої комісії ООН з навколишнього середовища та розвитку, стійкий розвиток – це розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління і не ставить під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольняти їхні власні потреби [1, с. 86].

За тлумаченням Г. Дейлі стійкий розвиток – це означення гармонійного, збалансованого, безконфліктного прогресу всієї земної цивілізації, груп країн (регіонів, субрегіонів) щодо збереження довкілля, ліквідації, експлуатації, бідності та дискримінації як кожної окремо взятої людини, так і груп населення, зокрема за етнічними, расовими чи статевими ознаками [2, с. 96].

Ключовою ідеєю стійкого розвитку є відмова від концепції споживання, коли збільшення рівня споживання є основним критерієм соціально-економічного розвитку. Необхідним є пошук такого співвідношення між природокористуванням і соціально-економічним розвитком, яке б забезпечило раціональне, економічне і ефективне використання природних ресурсів, підтримувало б екологічну безпеку суспільства, і разом з тим гарантувало б необхідну якість життя і добробуту населення [3].

На думку Л.Г. Мельника, стійкий розвиток забезпечується постійним виходом системи із рівноважного стану [4, с. 42]. За словами В.Я. Шевчука, стійкий розвиток є гармонійним процесом, який забезпечує збалансоване економічне зростання, задоволення потреб суспільства із збереження природо-ресурсного потенціалу [5, с. 44]. А.І. Бурда визначає потенціал стійкого розвитку як сукупність ресурсів і можливостей, що забезпечують збалансований еколого-соціально-економічний розвиток підприємства [6; 7].

Водночас, В.Г. Поліщук розглядає стійкий розвиток як «процес постійного перетворення якісних та кількісних характеристик системи, спрямований на досягнення рівноваги між суспільством, економікою та довкіллям» [8, с. 6]. Також, концепція стійкого розвитку визначена як розвиток, який задовольняє потреби розвитку нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь реалізовувати власні потреби [9].

У роботі [10] зазначено, що стійкий розвиток – це концепція управління підприємством, яка в умовах складності та багатофакторності зовнішнього середовища, обмеженості природних ресурсів, зростання ролі людського потенціалу передбачає вплив на нарощування економічного потенціалу підприємства та рівень соціального розвитку з одночасним забезпеченням природозберігальних технологій.

Проте виклики підприємницького середовища вимагають від керівників організацій пошуку нових

підходів для забезпечення стійкого розвитку організації з урахуванням радикально більш стійких способів управління продуктами (виробами, послугами) протягом усього їхнього життєвого циклу виробу (надання), об'єкта чи послуги, від проектування до використання та виведення з експлуатації.

Виходячи з цього, нині відсутні комплексні дослідження, в яких розкрито методичний підхід до забезпечення стійкого розвитку організації з урахуванням впливу сукупності внутрішніх та зовнішніх факторів. Одним із пріоритетних напрямів вирішення цього питання є використання технології цифрових двійників, які набирають обертів щодо швидкого та масштабного впровадження стійкості.

Метою статті є теоретичне дослідження технології цифрових двійників у розрізі забезпечення стійкого розвитку організації з урахуванням змін підприємницького середовища.

Виклад основного матеріалу. Пандемія COVID-19 та воєнні дії в Україні гальмують колективний прогрес у досягненні багатьох цілей стійкого розвитку, як наслідок організації прагнуть прискорити виконання вимог стійкого розвитку. Однак, технології цифрових двійників можуть відіграти ключову роль з урахуванням всіх трьох аспектів стійкості: довкілля, економіки та суспільства.

Цифровий двійник – віртуальне подання продукту або екосистеми в реальному часі, яке можна використовувати для моделювання, візуалізації, прогнозування та надання відгуків про властивості та функціональні характеристики продукту, створювати його можна віртуально: моделювати змінні, прогнозувати результати та виконувати ітерації процесу, причому з високою точністю. Ідея технологій цифрових двійників полягає в тому, щоб заощадити час, гроші та ресурси, а також підвищити безпеку, відповідність нормативним вимогам та продуктивність [6; 7; 11].

За даними Gartner, цифрові двійники використовують у 13% організацій, що реалізують IoT-проекти, в той час як 62% або вже впроваджують цю технологію, або планують це зробити [11]. Згідно з останнім звітом MarketsandMarkets, ринок цифрових двійників зростає з \$3,8 млрд. у 2019 році до \$35,8 млрд. до 2025 року при середньорічному темпі зростання у 37,8% [12].

Технології цифрових двійників дозволяють моделювати продукт (виріб) цілому, у різних умовах та контекстах. А це означає отримання не тільки негайного зворотного зв'язку про те чи виконані функціональні вимоги до продукту, але також і ключову інформацію про нефункціональні вимоги. Водночас, технології цифрового двійника застосовуються на всіх стадіях життєвого циклу продукту (виробу), – проектування, виробництво, експлуатацію та утилізацію [12; 13; 14].

Дослідимо кожну стадію життєвого циклу продукту (виробу) при використанні цифрових двійників.

Стадію проєктування життєвого циклу продукту (виробу) можна поділити на два підетапи – ескізний та технічний. На етапі ескізного проєктування: створюються варіанти комп'ютерної моделі продукції (виробу), що розробляється для оцінки та вибору можливих технічних рішень.

На етапі технічного проєктування – вибраний на попередньому етапі варіант доопрацьовується та уточнюється, з використанням елементів моделі. Отримана у результаті модель продукції (виробу) дозволяє врахувати та оптимізувати взаємодію всіх елементів, з урахуванням режимів роботи та впливів довкілля, її вже можна називати цифровим двійником виробу, що розробляється.

На етапі вироблення – розроблена модель допомагає визначити необхідні вимоги при виготовленні для досягнення необхідних характеристик та забезпечення бездоганної якості продукції (виробу) протягом усього терміну служби, а також дозволяє швидко виявляти причини несправностей у процесі тестування.

На етапі експлуатації – модель цифрового двійника може бути доопрацьована та використана для реалізації зворотного зв'язку з метою внесення коректив у розробку та виготовлення продукції (виробу), діагностики та прогнозування несправностей, підвищення ефективності роботи для з'ясування нових запитів споживачів.

На етапі утилізації – може бути повністю або частково перероблені певні елементи (складові) продукції (виробу) моделі цифрового двійника частину з яких потім можна буде повторно використовувати.

Узагальнення відомого досвіду [13...17] дає можливість визначити та систематизувати переваги використання технології цифрових двійників в організаціях:

1. Оперативна оцінка ризиків та часу виробництва. За допомогою цифрового двійника організації можуть контролювати якість продукту (послуги) до її появи на ринку.

Оскільки цифровий двійник – це копія запланованого бізнес-процесу, фахівці можуть помітити будь-які збої у процесі її створення ще до того, як продукт надійде у виробництво. Завдяки цифровим двійникам можна збільшити інтенсивність тестування у 10 разів та на 85% скоротити трудові ресурси, залучені у процеси проєктування конструкцій. У цілому фахівці можуть перебудовувати роботу системи, генеруючи несподівані сценарії, вивчаючи реакцію системи і створюючи стратегії пом'якшення наслідків.

Отже, нова технологія цифрових двійників дозволяє якісніше оцінювати ризики, прискорювати

розробку нових продуктів і підвищувати надійність бізнес-ліній та оптимізувати бізнес-процес.

2. Інтелектуальне обслуговування. Оскільки IoT (Інтернет речей) генерують великі дані у реальному часі, організації за допомогою цифрових двійників можуть аналізувати внутрішню статистику і передчасно виявляти будь-які збої у системі. Це дозволяє організаціям перейти до інтелектуального обслуговування водночас, підвищуючи ефективність бізнес-процесу та знижувати експлуатаційні витрати.

3. Віддалений моніторинг бізнес-процесу у режимі реального часу. Великі організації характеризуються великою та розвинутою кількістю бізнес-процесів, перевірити якийсь процес у реальному часі буває просто неможливо. Проте, доступ до цифрового двійника можна отримати у будь-якому місці, що дозволяє керівнику організації віддалено стежити за бізнес-процесом, його продуктивністю та здійснювати контроль.

4. Поліпшення взаємодії працівників у середині організації. Автоматизація бізнес-процесів і цілодобовий доступ до системної інформації дозволяє підвищити продуктивність та ефективність роботи. Як наслідок, працівники організації можуть більше приділяти увагу створенню нових елементів, а не контролювати та перевіряти вже запущені.

5. Удосконалення процесу прийняття та ухвалення фінансових рішень. У віртуальній моделі можна також вказати вартість матеріалів та трудовитрати. Завдяки цьому організації можуть приймати та ухвалювати швидші й ефективніші управлінські рішення стосовно фінансів. Також за допомогою цифрових двійників можна уникнути фінансових втрат внаслідок зниження продуктивності.

Використання технології цифрового двійника в організації дає можливості визначити відповідні види [13...17]:

1. Цифрові двійники-прототипи (DTP). DTP-двійник містить інформацію, необхідну для опису та створення фізичних версій екземплярів продукції (виробу). Ця інформація включає геометричну та структурну моделі, технічні вимоги та умови; вартісну модель, розрахункову (проєктну) та технологічну моделі виробу. DTP-двійник можна вважати умовно-постійною віртуальною моделлю виробу.

2. Цифрові двійники-примірники (DPI). DPI-двійники виробу описують конкретний фізичний екземпляр продукції (виробу), з яким двійник пов'язаний протягом усього терміну служби. Двійники цього типу створюються на базі DTP-двійника та додатково містять виробничу й експлуатаційну моделі, які включають історію виготовлення виробу, застосування матеріалів та комплектуючих, а також статистику відмов, ремонтів, заміни вузлів та агрегатів та ін. Таким чином, DPI-двійник виробу підда-

ється змін відповідно до змін фізичного екземпляра під час його експлуатації.

3. Агреговані двійники (DTA). DTA-двійники виробу визначаються як інформаційна система управління фізичними екземплярами сімейства виробів, яка має доступ до всіх їх цифрових двійників.

Віртуальні або цифрові двійники використовуються для моделювання складних систем, від автомобілів до міст, вони імітують їхнє функціонування з точністю, яка дозволяє перейти безпосередньо від віртуальної моделі до створення продукту або рішення. Не потрібно витрачати роки на отримання дослідного зразка та поступове його покращення. Швидкість виведення продуктів на ринок та зниження ризиків складних проєктів пояснює чому технології віртуальних, цифрових двійників були використані при розробці 85% електромобілів у світі, задіяні у понад 75% проєктів у світовій вітроенергетиці та у проривних пілотних проєктах, таких як перший у світі літак на сонячних батареях та нові біоматеріали.

Цифрові двійники можуть отримувати реальні дані, які, у свою чергу, створюють зворотний зв'язок і з часом призводять до покращення конструкції. Це значно прискорює процес оновлення продукту.

Зворотній зв'язок у цифрових двійників важливий, оскільки логістика, бізнес-процеси, управління організацією поєднує механічні, інформаційні, програмні компоненти тощо, що також керується цифровим двійником. Все це надає можливості для вдосконалень та покращень при створенні продукції (надання послуги). Як наслідок, виникає необхідність зібрати величезні обсяги даних та вибудувати правильну аналітику, щоб у режимі реального часу отримати реальне уявлення про те, що відбувається в організації і цьому сприяє використання хмарних технологій. Водночас, технології цифрових двійників надають можливість у режимі реального часу постійно вносити нові дані та зміни, дивитися, що при цьому відбувається, що можна покращити, проводити різні симуляції продуктів. Це поєднання віртуального та реального світу.

Таким чином, цифрові двійники – це віртуальне уявлення продукту (виробу), процесу або всієї системи в реальному часі, яке використовується для моделювання, візуалізації, прогнозування та надання зворотного зв'язку за властивостями та функціональними характеристиками виробу.

Варто зауважити, що при впровадженні технології цифрових двійників в організації потрібно приділити особливу увагу таким аспектам як:

1. Оновлення протоколів безпеки даних. Згідно з оцінкою Gartner, до 2023 року 75% цифрових двійників для OEM-продуктів, підключених до IoT, будуть використовувати як мінімум п'ять різних типів кінцевих точок інтеграції [18]. Обсяг даних, зібраних з численних кінцевих точок, величезний, і кож-

на з них потенційно вразлива. Як наслідок, перш ніж впроваджувати технологію цифрових двійників, організаціям необхідно проаналізувати і оновити свої протоколи безпеки та звернути особливу увагу на шифрування даних; права доступу, включно з чітким визначенням ролей користувачів; принципи найменших привілеїв; усунення відомих недоліків пристрою; регулярні перевірки безпеки.

2. Управління якістю даних. Цифрові двійники використовують дані, що надходять від тисяч віддалених датчиків через незахищені з'єднання. Організація повинна мати можливість виключати нерелевантні дані та управляти пробілами у потоках даних.

3. Кваліфікаційний персонал. Керівництво організації має переконатися, що їх персонал володіє необхідними навичками та інструментами для роботи з цифровими моделями-двійниками.

Слід зауважити, що технологію цифрових двійників, почали використовувати в Україні (м. Одеса) при взаємодії Одеської міської ради та ПрАТ «Vodafone» зі створенні цифрової копії міста [19]. Так, Одеська міська рада і ПрАТ «Vodafone» закріпили наміри про співпрацю підписанням меморандуму щодо спільного впровадження «розумних» технологій від ПрАТ «Vodafone», розроблених в глобальних R&D-центрах оператора та успішно застосовуються в європейських містах, у системі муніципального управління та соціальні сфери суспільного життя Одеси. Рішення для Smart City будуть реалізовані на базі європейської IoT-платформи ПрАТ «Vodafone» за прикладом Лондона, Амстердама, Мюнхена і Лісабона.

Висновки. Проведені дослідження дають змогу зазначити, що цифровий двійник – це цифрова технологія, що дозволяє моделювати продукт, послугу, виріб або систему та дає можливість створювати, виробляти, виводити з експлуатації дані системи та представляє фізичний об'єкт з метою розуміння стану активу, реагування на зміни, оптимізації бізнес-процесів і формування вартості.

Технологія цифрових двійників може уможливити радикальні дії, необхідні організації за допомогою таких її властивостей як:

- зниження вартості виробництва;
- зменшення регуляторних ризиків;
- можливість реалізації нових моделей обслуговування;
- зменшення потреби в площах під час здійснення операцій та виробництва продукції;
- можливості крос-функціональної співпраці;
- скорочення часу випуску ринку товарів та послуг.

Подальші наукові дослідження пов'язані з визначенням впливу цифрових технологій на стійкий розвиток організації та формування відповідної системи управління з урахуванням обмеженості внутрішніх ресурсів організації.

Список літератури:

1. Квятковська Л. А. Реалізація принципів концепції сталого розвитку в діяльності підприємства. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2013. Вип. 1. С. 85–89. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vsed_2013_1_14.pdf (дата звернення: 3.01.2023).
2. Daly H. Towards A Steady-State Economy Essay commissioned by the Sustainable Development Commission, UK (April 24, 2008). URL: https://is.muni.cz/el/1423/jaro2015/ENS242/um/55677449/3_Daly_2008_Towards_a_Steady_State_Economy.pdf (дата звернення: 3.01.2023).
3. Шпортко А.М., Кірейцева Г.В. Становлення концепції сталого розвитку. URL: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1532/78.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 3.01.2023).
4. Мельник Л.Г. Основи стійкого розвитку: посібник. Суми : Університетська книга. 2006. 383 с.
5. Шевчук В.Я. Макроекономічні проблеми сталого розвитку. Київ : Геопринт, 2006. 200 с.
6. Бурда А.І. Особливості управління сталим розвитком підприємства. URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=diSVQcoAAAAJ&citation_forview=diSVQcoAAAAJ:zYLM7Y9cAGgC (дата звернення: 3.01.2023).
7. Бурда А. І. Формування інклюзивного потенціалу сталого просторового розвитку. URL: http://www.kpdi.edu.ua/images/stories/doc/Zbirnyk_konferentsii_2019/zbirnyk_tez_iii_conference_podilskyi_college.pdf#page=89 (дата звернення: 3.01.2023).
8. Стимулювання сталого розвитку регіону: автореферат дис. канд. екон. наук: 08.00.05/ В.Г. Поліщук; Луц. нац. техн. ун-т. Луцьк. 2010. 24 с. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe? (дата звернення: 3.01.2023).
9. Schwab K., Sala-i-Martin X., Greenhill R. The Global Competitiveness Report. World Economic Forum. 2011. P. 5–7.
10. Степаненко Т.О. Теоретичні та методичні засади сталого розвитку підприємства. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2020. Том 31 (70). № 6. С. 136–141. URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_6/25.pdf (дата звернення: 3.01.2023).
11. Costello Katie, Omale Gloria. Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mainstream-use> (дата звернення: 3.01.2023).
12. Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography – Global Forecast to 2027. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html> (дата звернення: 3.01.2023).
13. Digital Twins. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvojnuk-digital-twin> (дата звернення: 3.01.2023).
14. «Цифрові двійники» – новий рівень розвитку ланцюгів постачання. *logist.fm*. URL: <https://logist.fm/news/cifrovi-dviyniki-noviy-riven-rozvitku-lancyugiv-postachannya> (дата звернення: 3.12.2022).
15. Інноваційні функції. URL: <https://smart-eam.com/ua/modules/cifrovoj-dvojnuk/> (дата звернення: 3.01.2023).
16. Як використовувати технологію. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojnikov-v-biznese> (дата звернення: 3.01.2023).
17. Єршова О.Л., Ставицький О.В. Цифрові двійники як засіб моделювання об'єктів та процесів в інтернеті речей. URL: http://194.44.12.92:8080/jspui/bitstream/123456789/6126/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA2021_fin%20_1_-03-pr15-12-71-75.pdf (дата звернення: 3.01.2023).
18. Five Approaches for Integrating IoT Digital Twins. 2018. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3873175> (дата звернення: 3.12.2022).
19. Перший в Україні цифровий двійник міста з'явиться у Одесі. URL: <https://www.vodafone.ua/news/digital-double-in-odessa> (дата звернення: 3.01.2023).

References:

1. Kvjatkovsjka L. A. (2013) Realizacija pryncypiv koncepciji stalogho rozvytku v dijajlnosti pidpryjemstva [Implementation of the principles of the concept of sustainable development in the enterprise]. *Visnyk socialjno-ekonomichnykh doslidzhenj* [Herald of socio-economic research]. Vyp. 1. P. 85–89. Available at: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vsed_2013_1_14.pdf (accessed: 3.01.2023).
2. Daly H. (2008) Towards A Steady-State Economy Essay commissioned by the Sustainable Development Commission, UK (April 24). Available at: https://is.muni.cz/el/1423/jaro2015/ENS242/um/55677449/3_Daly_2008_Towards_a_Steady_State_Economy.pdf (accessed: 3.01.2023).
3. Shportko A.M., Kirejceva Gh.V. Stanovlennja koncepciji stalogho rozvytku [Formation of the concept of sustainable development]. Available at: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1532/78.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed: 3.01.2023).
4. Meljnyk L.Gh. (2006) Osnovy stijkogho rozvytku [Fundamentals of sustainable development: a guide]: posibnyk. Sumy: Unversytetsjka knygha. 383 p.
5. Shevchuk V.Ja. (2006) Makroekonomichni problemy stalogho rozvytku [Macroeconomic problems of sustainable development]. Kyiv: Gheoprynt. 200 p.

6. Burda A.I. Osoblyvosti upravlinnja stalym rozvytkom pidpryjemstva [Peculiarities of management of sustainable development of the enterprise]. Available at: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=diSVQcoAAAAJ&citation_for_view=diSVQcoAAAAJ:zYLM7Y9cAGgC (accessed: 3.01.2023).
7. Burda A.I. (2019) Formuvannja inkljuzyvnogho potencialu stalogho prostorovogho rozvytku [Formation of the inclusive potential of sustainable spatial development]. Available at: http://www.kpdi.edu.ua/images/stories/doc/Zbirnyk_konferentsii_2019/zbirnyk_tez_iii_conference_podilskyi_college.pdf#page=89 (accessed: 3.01.2023).
8. Stymuljuvannja stalogho rozvytku rehionu [Stimulation of sustainable development of the region]: avtoreferat dys. kand. ekon. nauk: 08.00.05/ V.Gh. Polishhuk; Luc. nac. tekhn. un-t. Lucjk, 2010. 24 c. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe? (accessed: 3.01.2023).
9. Schwab K., Sala-i-Martin X. (2011), Greenhill R. The Global Competitiveness Report. World Economic Forum. P. 5–7.
10. Stepanenko T.O. (2020) Teoretychni ta metodychni zasady stalogho rozvytku pidpryjemstva [Theoretical and methodical principles of sustainable development of the enterprise]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskykogh. Serija: Ekonomika i upravlinnja [Scholarly notes of TNU named after VI Vernadskyi. Series: Economics and management]*. Tom 31 (70). № 6. S. 136–141. Available at: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_6/25.pdf (accessed: 3.01.2023).
11. Costello Katie, Omale Gloria. Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use. Available at: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mainstream-use> (accessed: 3.01.2023).
12. Digital Twin Market by Enterprise, Application (Predictive Maintenance, Business optimization), Industry (Aerospace, Automotive & Transportation, Healthcare, Infrastructure, Energy & Utilities) and Geography – Global Forecast to 2027. Available at: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html> (accessed: 3.01.2023).
13. Digital Twins. Available at: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvojnuk-digital-twin> (accessed: 3.01.2023).
14. «Cyfrovi dvijnyky» – novyj rivenj rozvytku lancjughiv postachannja ["Digital doubles" - a new level of development of supply chains]. *logist.fm [logist.fm.]*. Available at: <https://logist.fm/news/cifrovi-dviyniki-noviy-riven-rozvitku-lancyugiv-postachannya> (accessed: 3.12.2022).
15. Innovacijni funkciji [Innovative functions]. Available at: <https://smart-eam.com/ua/modules/cifrovoj-dvojnuk/> (accessed: 3.01.2023).
16. Jak vykorystovuvaty tekhnologiju [How to use technology]. Available at: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojnukov-v-biznese> (accessed: 3.01.2023).
17. Jershova O.L., Stavycykij O.V. Cyfrovi dvijnyky jak zasib modeljuvannja ob'ektiv ta procesiv v interneti rechej [Digital doubles as a means of modeling objects and processes in the Internet of Things]. Available at: http://194.44.12.92:8080/jspui/bitstream/123456789/6126/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA2021_fin%20_1_-03-pr15-12-71-75.pdf (accessed: 3.01.2023).
18. Five Approaches for Integrating IoT Digital Twins. 2018. Available at: <https://www.gartner.com/en/documents/3873175> (accessed: 3.12.2022).
19. Pershyj v Ukrajinі cyfrovij dvijnyk mista z'javyt'sja u Odesy [The first digital double of the city in Ukraine will appear in Odesa]. Available at: <https://www.vodafone.ua/news/digital-double-in-odessa> (accessed: 3.01.2023).